AMAZONIANA	VII	I	7 – 17	Kiel, Dezember 1980

Bioklima von San Carlos de Rio Negro, Venezuela

von

Jochen Heuveldop

Institut für Weltforstwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbek

1. Einleitung

1.1 Definition

Der Begriff Bioklima ist mit der Einschränkung auf forstliches Bioklima zu verstehen und umfaßt somit alle meteorologischen Faktoren, die in direkter Wechselwirkung mit der Waldvegetation stehen. Die forstliche Bioklimatologie ist hinsichtlich Problematik und Methodik eng verwandt mit der eigentlichen Meteorologie, speziell der forstlichen Mikrometeorologie. Es handelt sich hierbei überwiegend um die Erforschung des Lebensraumes der Pflanzen, d. h. um ihre Struktur und Dynamik unter dem Einfluß makroklimatischer Verhältnisse und natürlich oder anthropogen bedingter Veränderungen. Vor allem interessieren solche Konstellationen, die das Wachstum fördern bzw. limitieren. Neben der Erfassung des Regional- oder Standortklimas in seiner Wirkung auf das Waldwachstum sind die Auswirkungen des Waldes auf das Mikroklima und die Rückwirkungen auf das Regionalklima Gegenstand dieser Forschungsrichtung.

1.2 Das Projektgebiet

San Carlos de Rio Negro liegt südlich der Einmündung des Casiquiares in den Rio Guainía, des Beginns des Rio Negro (1° 56 N; 67 ° 03 W). Die Waldvegetation ist als humider bis perhumider immergrüner Mischwald des äquatorialen Tieflandes zu bezeichnen (MEDINA et al. 1977).

1.3 Zielsetzung

In allen ökologisch gefährdeten Gebieten – und hierzu gehören insbesondere auch die tropischen Regenwälder – sind genaue Kenntnisse der Standortfaktoren eine wesentliche Voraussetzung, um Folgen und Erfolgsaussichten verschiedener Eingriffe überhaupt beurteilen zu können. Ausgangspunkte für derartige Analysen sind vor allem Struktur und

Funktionen der natürlichen Vegetation sowie das Klima und die Bodenverhältnisse. Im San Carlos-Projekt sind mikrometeorologische Untersuchungen durchgeführt und, soweit vorhanden, die meteorologischen Daten der örtlichen Wetterstation ausgewertet worden, um über eine Darstellung der makro- und mikroklimatischen Verhältnisse einige Grundlagen zu erarbeiten, die zur Beurteilung der wichtigsten dynamischen Prozesse der verschiedenen Bestandestypen von Bedeutung sein können. Eine Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse mit Literaturübersicht aus dem Projekt geben BRÜNIG et al. (1979).

Die bioklimatischen Untersuchungen sind Teil des deutschen Beitrages, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurde.

2. Das Bioklima

2.1 Allgemeine Aspekte zum Regionalklima

Seit 1948 ist in San Carlos de Rio Negro eine Klimastation entsprechend der WMO-Normen in Betrieb. Allerdings stehen mehr oder weniger vollständige Jahresreihen nur für die Zeit 1951 - 1958 und ab 1971 zur Verfügung. Da der Aussagewert bioklimatischer Meßreihen mit der Länge der Meßperiode steigt, sind diesbezüglich für San Carlos schon gewisse Einschränkungen gegeben. In groben Zügen handelt es sich um einen tropischen immerfeuchten Klimabereich mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 26 °C, etwa 3600 mm Niederschlag und 85 % relativer Luftfeuchte (Abb. 1). Die tägliche Sonnenscheindauer beträgt im Jahresmittel 5,2 Std., bei einer jahresdurchschnittlichen Strahlung von rd. 1470 Joule cm^{-2} Tag^{-1}. Nach den Angaben des örtlichen Wetterdienstes wird eine mittlere, jährliche Verdunstung von 5,4 mm gemessen, d. h., daß die Wasserverdampfung rd. 90 % der zur Verfügung stehenden Energie beansprucht.

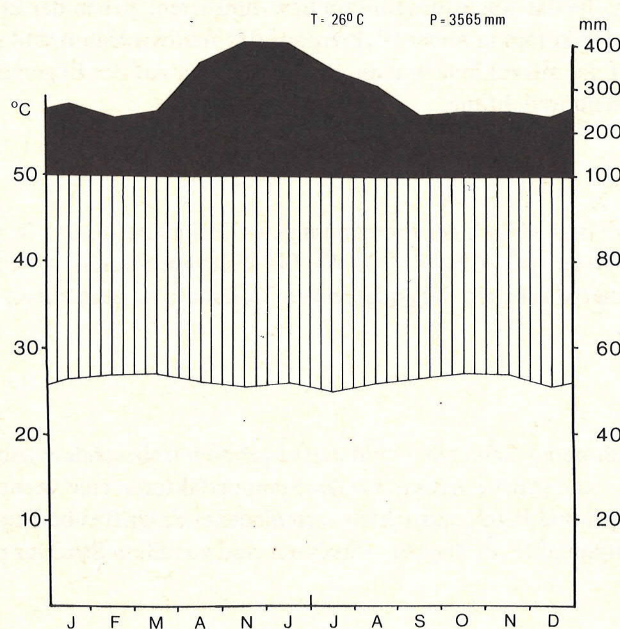


Abb. 1: Klimadiagramm San Carlos de Rio Negro, Venezuela für die Zeiten 1951 - 1958 und 1971 - 1978.

2.2 Mittelwerte und Streuung

Die 5-jährigen Temperaturmittel von 1948 - 1978 sind von 27,0 °C auf 25,7 °C stetig zurückgegangen. Gleichzeitig ist die mittlere Niederschlagshöhe von 3300 mm auf 3600 mm angestiegen. Diese Beispiele zeigen, daß langjährige Mittelwerte mit einer gewissen Problematik behaftet sind und ohne weitere statistische Angaben relativ wenig aussagen. Im Zusammenhang mit Fragen der Wechselwirkungen zwischen Wald und seiner physikalischen Umwelt sind insbesondere die Schwankungsbreiten und Periodizitäten der meteorologischen Parameter im Tages- und Jahresablauf von Bedeutung.

Temperatur

Für die Periode 1971 - 1978, mit einer Mitteltemperatur von 26,0 °C, ergeben sich ein mittleres Jahresminimum von 22,0 °C und ein mittleres Jahresmaximum von 31,5 °C mit Standardabweichungen von 0,5 bzw. 1,1. Sowohl im unteren wie auch im oberen Temperaturbereich sind somit geringe Schwankungen zu verzeichnen. Kältester Monat ist der Juli mit einem mittleren Minimum von 20,3 °C, während der Oktober als wärmster Monat ein mittleres Maximum von 32,6 °C erreicht.

Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchte ist eine temperaturabhängige Variable, die absolute Luftfeuchte eine konstante Größe. Während der Nachtstunden liegt die relative Luftfeuchte im Jahresdurchschnitt zwischen 93 % und 96 %, sinkt ab 6 Uhr bis ca. 13 Uhr auf etwa 65 % und steigt ab 16 Uhr langsam wieder an, um gegen 20 Uhr die nächtlichen Werte wieder zu erreichen. In der regenreicheren Periode von April bis August liegen die mittäglichen Tiefstwerte bei 70 %. Das Minimum erstreckt sich dabei auf nur 1 - 2 Stunden in der Zeit zwischen 14 und 16 Uhr. Hingegen treten in der regenärmeren Zeit von September bis März Tiefstwerte von 60 % über 3 Stunden Dauer ein in der Zeit von 12 - 13 Uhr bis 15 - 16 Uhr.

Aus relativer Luftfeuchte und Temperatur wird das Wasserdampfsättigungsdefizit der Luft abgeleitet, das als steuernde Variable für Transpiration und Evaporation wirksam ist und somit eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt spielt. Während die nächtlichen Werte bei 1.3 mb liegen, werden in den frühen Nachmittagsstunden durchschnittlich 13 - 16 mb erreicht. An Strahlungstagen treten Spitzenwerte um 33 mb auf, während an regenreichen Tagen bei geschlossener Wolkendecke die Saugspannungen 5 - 7 mb nicht überschreiten.

Niederschlag

Abb. 2 zeigt die mittleren Monatsniederschläge für die Zeit 1951 - 1958 und 1971 - 1978 mit den dazugehörigen Standardabweichungen und dem Monatsmittelwert von 297 mm mit einem Vertrauensintervall von ± 66,6 mm.

Über den dargestellten Zeitraum ergeben sich im Jahresmittel 98 regenfreie Tage mit einer Streuung von ± 11 Tagen. Etwa 8 % aller Tagesniederschlagssummen (= 24 Std.) liegen unter 1 mm. Da die Benetzungswiderstände der Vegetationsoberfläche etwa in gleicher Größenordnung liegen (BRÜNIG et al., 1978), können bei Ausschluß dieser Regenhöhenkategorien im Durchschnitt 69 ± 6 niederschlagsfreie Perioden zusammengefaßt werden, um somit Zeitintervalle ohne Bodenwasseranreicherung zu erfassen. Mit einer 54 %igen

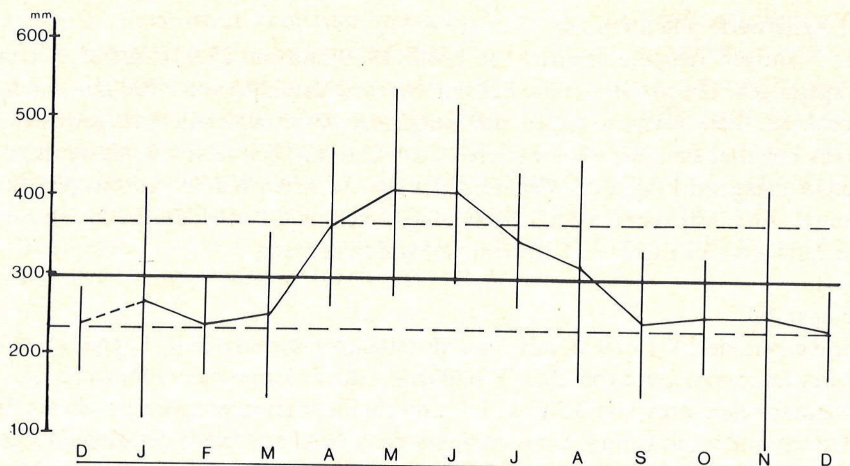


Abb. 2:
Niederschlag San Carlos de Rio Negro, Venezuela für die Zeiten 1951 - 1958 und 1971 - 1978: Jahresmittelwert mit Vertrauensintervall und Monatsmittelwerte mit Standardabweichungen.

Wahrscheinlichkeit handelt es sich dabei um eintägige, d. h. 24-stündige Perioden, und mit 46 %iger Wahrscheinlichkeit um 2- oder mehrtägige regenfreie Perioden. Regenfreie Perioden von 3 oder mehr Tagen treten mit einer Wahrscheinlichkeit von 25 % in jedem Jahr auf. Bei 5 oder mehr regenfreien Tagen in einer Folge ist die Wahrscheinlichkeit immerhin noch 7,5 %. Die Verteilung der Häufigkeit regenfreier Perioden in den Monaten wird in Abb. 3 dargestellt.

Größte Wahrscheinlichkeit für eine langanhaltende Trockenperiode von 6 oder mehr Tagen ergibt sich für die Monate Februar und März. Im zugrundegelegten Zeitraum ergaben sich derartige Ereignisse immerhin je 8 mal in diesen beiden Monaten. Längste zusammenhängende regenfreie Periode seit 1971 wurde im Januar-Februar 1977 mit 21 Tagen gemessen. Die Häufigkeit und die ökologische Bedeutung von regenfreien Perioden wurden anhand von gleitenden 30-Tagessummen der Niederschläge von SCHULZ (1960) für Surinam und BRÜNIG (1974) für Sarawak und Brunei beschrieben.

Verdunstung

Die Gesamtverdunstung wird auf der Klimastation des örtlichen Wetterdienstes mit einer US Class A-Pan gemessen und beträgt im Jahresdurchschnitt 5,4 mm pro Tag. Als Spitzenwerte seit 1971 sind 13,8 mm in 24 Stunden (26.3.1974) und 345 mm pro Monat (März 1973) gemessen worden. Selbst in der regenreicheren Zeit können Verdunstungshöhen von 10 mm und mehr an einzelnen Tagen erreicht werden. Im Durchschnitt ergeben sich

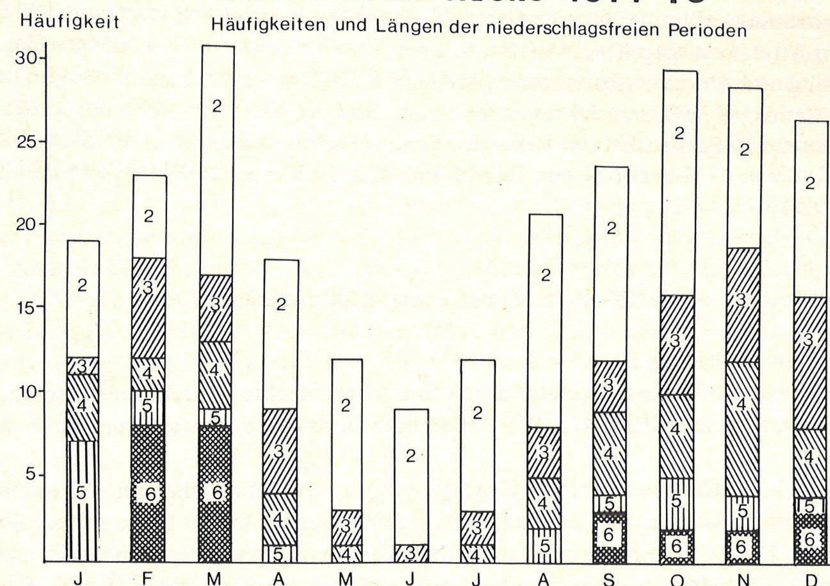


Abb. 3:
Niederschlagsfreie Perioden San Carlos de Rio Negro, Venezuela. Häufigkeit von 2- bis 6- und mehrtägigen Perioden ohne Niederschlag je Monat für den Zeitraum 1971 - 1978.

1970 mm pro Jahr, was vergleichsweise hoch ist. VILLA NOVA et al. (1976) geben für das gesamte Amazonasbecken eine Verdunstungshöhe von 1450 mm an. Aus dem südostasiatischen Bereich geben LOCKWOOD (1971) 1550 - 1750 mm und BRÜNIG (1974) 1700 - 2000 mm an. Die San Carlos Daten müssen dennoch als einigermaßen zutreffend bezeichnet werden. Nach Abzug von 15 % von der einkommenden Strahlung für die fühlbare Wärmeabgabe, Photosynthese, Reflektion oder Absorption verbleiben pro Jahr etwa 1200 J cm^{-2} für die Evapotranspiration. Diese Energiemenge reicht aus, um etwa 5 mm Wasser pro Tag zu verdunsten (JORDAN et al. in Druck).

Abfluß

Während der Hauptniederschlagszeit kommt es im allgemeinen zu hoch anstehendem Grundwasser mit Überstau im Gelände, das bei entsprechender Frequenz und Höhe der Regenfälle auch über mehrere Wochen mit geringen Schwankungen andauern kann. In der Regel reicht dann aber wieder eine Sequenz von 2 - 3 niederschlagsfreien Tagen, um das anstehende Wasser abfließen zu lassen. In der niederschlagsärmeren Zeit geht das Grundwasser je nach Standort auf 60 cm bis über 1 m unter Flur zurück (siehe hierzu HERRERA 1979).

Abflußgrößen aus dem Projektgebiet sind nicht untersucht worden. Das venezolanische Umweltministerium hat für eine Gesamtfläche dieses Raumes von insgesamt 127 000 km^2 einen Atlas herausgegeben, in dem u. a. auch Verteilungskarten über Niederschlag, Verdunstung und Abfluß enthalten sind (ANON. 1973). Danach liegt der Abfluß im Bereich San Carlos bei 3500 mm Jahresniederschlag zwischen 1750 und 1800 mm. Untersuchungen zum Wasserhaushalt im Versuchsgelände ergeben indirekt über die Wasserbilanz einen Abfluß von 47 % bei 3664 mm Regenhöhe, d. h. 1720 mm (JORDAN und HEUVELDOP in Druck).

3. Standort, Vegetation und Mikroklima

3.1 Bodenverhältnisse

Die Versuchsfläche ist insgesamt durch eine sehr schlechte Nährelementversorgung gekennzeichnet (siehe HERRERA 1979). Hierdurch ist das Pflanzenwachstum stark eingeschränkt.

Obgleich das Grundwasser im Projektgebiet nur in Ausnahmefällen unter 1 m fällt, muß angenommen werden, daß auch das verfügbare Wasser ein für das Pflanzenwachstum begrenzender Faktor ist. Für die extrem oligotrophen, sandig-podsoligen Böden im San Carlos Projekt ergeben sich außerordentlich geringe Retentionskapazitäten (KLINGE und HERRERA 1978).

Wie erwähnt, tritt in unregelmäßigen Abständen aber mit großer Häufigkeit Überstau im Wechsel mit Trockenheit auf. Die pflanzenverfügbare Wassermenge im Oberboden wird somit zu einer Frage der Länge und Wiederkehrfolge regenfreier Perioden. Nach Beobachtungen in der Projektfläche ergab sich, daß bereits nach 5 - 6 niederschlagsfreien Tagen die Grundwasserstände um 60 - 80 cm abgesunken sind. Die Dynamik der Wachstums- und Entwicklungsprozesse ist mit großer Wahrscheinlichkeit abhängig von der Fluktuation der Bodenwassergehalte. In San Carlos lassen sich analog zu Sarawak und Brunei Unterschiede der floristischen und geometrischen Bestandesstruktur klein- und mittelräumig (small and medium scale variation sensu ASHTON and BRÜNIG 1975) nachweisen, die nicht allein auf eine Variation der Bodennährelementgehalte zurückgeführt werden können (KLINGE, pers. Mitt.). In diesem Zusammenhang ist besonders die niedrige Caatinga oder die sog. Bana zu nennen (KLINGE et al. 1977). Dieser Bestandestyp stockt auf stets tiefgründigen Quarzsanden und kann bei einer Flächenausdehnung von mehr als 2 - 3 ha im Zentrum schon in eine Art offene Buschlandschaft übergehen. Ausführliche Darstellungen sind in KLINGE und MEDINA (1979a, b), SOBRADO (1977) und SOBRADO und MEDINA (1980) gegeben.

3.2 Bestandesstruktur und Mikrorelief

Die Struktur des Bana-Bestandestyps könnte im Zusammenhang mit der Sukzessionsfolge stehen. Nach den bisherigen Untersuchungen läßt sich das allerdings noch nicht nachweisen. Es ist lediglich festzustellen, daß das Zentrum dieser inselförmig in einem großen Gebiet verteilten Banaflächen stets 1 - 2 m höher liegt als die angrenzende Landschaft. Die Oberhöhe der Bestände verringert sich von ca. 20 m am Rande dieser Insel auf 1 - 2 m im

Zentrum, je nach Größe der Fläche. Die höchsten Werte des Zuwachses und der sonstigen bestandesdynamischen Vorgänge treten in den am besten drainierten Standorten des sog. Yevaro-Bestandestyps auf. Eine in dieser Hinsicht mittlere Stellung nimmt der sog. Cunuri-Bestandestyp ein, mit einer relativ einfachen Struktur und geringeren Zuwachsdaten und Oberhöhen. Die Standorte dieses Bestandestyps, die sog. hohe Caatinga, liegen immer niedriger als die der Bana-Flächen und haben mit ihrer geringeren Mikroreliefenergie stets einen schlechter ausgeglichenen Bodenwasserhaushalt als die Yevaro-Fläche.

Die Bestandesstruktur verändert sich in deutlicher Abhängigkeit vom Mikrorelief. Stärker ausgeprägtes Mikrorelief mit ieferer Durchwurzelbarkeit und ausgeglichener Bodenwasserhaushalt bewirken eine höhere Bestandesdynamik, die sich u. a. durch komplexere Strukturen und eine höhere Artenvielfalt zeigt (ALDER et al. 1979). Der augenfällige Zusammenhang zwischen Bestandesstruktur und Bodenrelief wird schematisiert in Abb. 4 für die Bestände "Bana", "Yevaro" und "Cunuri" dargestellt.

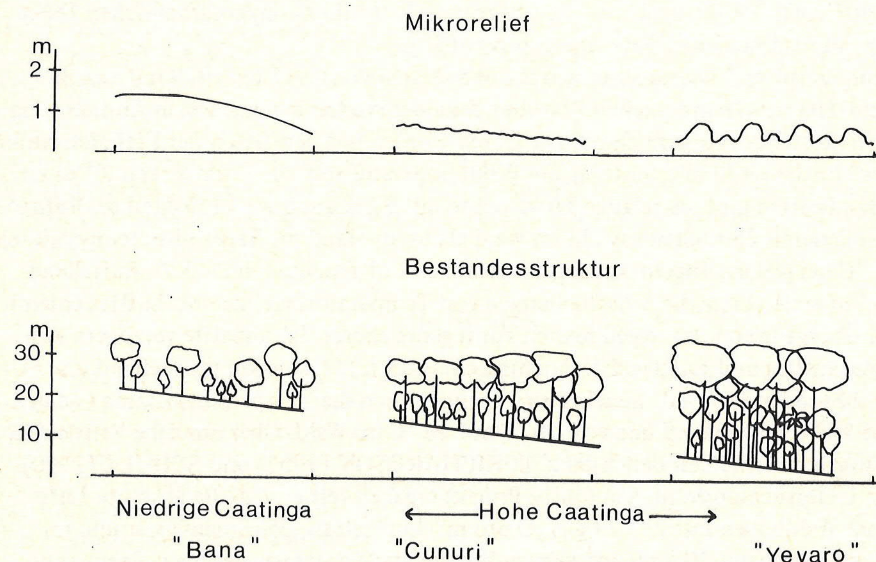


Abb. 4:
Mikrorelief und Bestandesstruktur San Carlos de Rio Negro, Venezuela. Schematisierte Aufrisse über den Zusammenhang Bodenrelief/Drainage und Struktur/Artenvielfalt/ Baumhöhen von 3 unterschiedlichen Bestandestypen.

3.3 Mikroklima

Die mikrometeorologischen Untersuchungen in den Beständen der Versuchsfläche konnten nur während eines Gesamtzeitraumes von 4 Jahren durchgeführt werden. Dabei sind die Mehrzahl der Parameter stichprobenartig in unterschiedlich großen Zeitintervallen erfaßt worden. Erste Ergebnisee sind in BRÜNIG und HEUVELDOP (1976), HEUVELDOP (1977a), HEUVELDOP und KLINGE (1977) und HEUVELDOP (1977b) dargestellt. Diese ersten Ergebnisse zeigen deutlich, daß Energie in hinreichendem Maße für eine hohe Produktionsleistung zur Verfügung steht. Eine entsprechend hohe Produktion wird jedoch im Gegensatz zu vergleichbaren Klimabereichen Zentralafrikas oder Südostasiens im San Carlos Gebiet nicht erreicht.

Die mit dem Mikrorelief und damit den Wassergehalten und Drainageverhältnissen des Bodens parallel verlaufenden Strukturveränderungen der Bestände ließen zunächst Unterschiede im Mikroklima im bodennahen Bereich erwarten. Mit Ausnahme der Verteilung der relativen Beleuchtungsstärken konnten jedoch bislang keine bestandestypischen Mikroklimate mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden. Während der Zusammenhang zwischen Bestandeshöhe und relativer Beleuchtungsstärke am Waldboden eindeutig ist (HEUVELDOP 1977), sind z. B. die Unterschiede der thermohygrographischen Daten innerhalb der verschiedenen Bestandestypen zufällig.

Temperatur und Luftfeuchte wurden über 1 Jahr von 1978 bis 1979 mit einem Lambrecht Thermo-Hygrographen 2 m über dem Waldboden in einer festen Klimastation des Cunuri-Bestandes aufgezeichnet. Die Daten wurden mit den Daten der Freilandstation verglichen. Im Jahresdurchschnitt lag die Waldtemperatur mit 24 °C um knapp 2 ° unter den Freilandwerten und die relative Luftfeuchte mit 97 % um etwa 12 % darüber. Während der regenreicheren Zeit fallen sowohl im Wald als im Freiland die Tagesmitteltemperaturen um ca. 1 °C bei gleichzeitigem Anstieg der relativen Luftfeuchte um 2 - 3 %. Auffallend sind dabei in erster Linie die Verschiebungen von Temperaturmaxima und Luftfeuchteminima. Im Übergang von der regenärmeren zur regenreicheren Jahreshälfte verzögern sich Temperaturanstieg und Luftfeuchteabnahme um etwa 1 1/2 Stunden im Freiland und etwas über 2 Stunden im Wald. Gleichzeitig verringern sich die Temperaturmaxima von ca. 32 °C auf 30 °C im Freiland und von 28 °C auf 26 °C im Wald. Über ähnliche Periodizitäten aus längeren Meßreihen berichten z. B. RICHARDSON (1952) und SCHULZ (1960).

Die Untersuchungen im San Carlos Projekt ergaben ferner, daß die absolute Luftfeuchte am Waldboden mit 22 - 23 g H_2O pro m^3 Luft relativ gleichmäßig war und im Freiland nur gering um 20 g pro m^3 schwankte. Bei den gegebenen geringen Temperaturschwankungen am Waldboden und relativ hohem Wassergehalt der Luft folgt im geschlossenen Bestand eine ebenso geringe Veränderung des Wasserdampfsättigungsdefizites von durchschnittlich 0,7 mb in den Nachtstunden bis 5 mb während des Tages. An sehr trockenen Strahlungstagen wurden über kürzere Perioden von 2 - 3 Stunden am frühen Nachmittag mittlere Höchstwerte von 13 mb gemessen. Im oberen Kronenraum liegen die Tages-Mittelwerte bei 8 - 10 mb was auch den Freilandmittelwerten entspricht. Als Spitzenwert sind in Oberkronenhöhe wie auf der Freifläche etwas über 33 mb gemessen worden. Die nächtlichen Tiefstwerte sind an allen Meßorten innerhalb der Bestände wie auf der Freilandfläche ausgeglichen und liegen bei etwa 0,7 mb. Demzufolge ergibt sich im Tagesablauf ein deutlich wechselndes Vertikalprofil, vor allem im oberen Höhendrittel der Bestände, während im unteren Drittel bei nur wenigen Ausnahmen gleichmäßige Verhältnisse vorherrschen.

4. Zusammenfassung

Einzelne Aspekte des Regional- und des Mikroklimas im San Carlos Projekt werden in ihren ökologischen Zusammenhängen diskutiert. Die Daten des Regionalklimas sind vom örtlichen Wetterdienst (MOP-Hidrología) und vom Deutschen Wetterdienst, Hamburg, zur Verfügung gestellt worden und gehen teilweise bis 1948 zurück. Bestandesmeteorologische Daten im Rahmen des Forschungsprojektes sind von 1975 bis 1979 erhoben worden. Die Ergebnisse machen deutlich, daß selbst bei 3600 mm Jahresniederschlagshöhe in Bestandeslücken bzw. Freiflächen Wasserdefizite im Oberboden auftreten können. Hier bestehen Zusammenhänge mit der Periodizität der Einzelniederschläge. Die Böden sind neben extremer Nährelementarmut durch geringe Retentionskapazität gekennzeichnet. Zwischen Oberflächenrelief-Bodenwassergehalt-Bestandesstruktur bestehen offensichtliche Zusammenhänge. Mit Ausnahme der Verteilung der relativen Beleuchtungsstärken innerhalb der Bestände scheinen Mikroklimaparameter mit Bestandesstrukturmerkmalen nicht korreliert zu sein.

5. Summary

The regional and local climate in the area of the International MAB-Pilot Project at San Carlos de Rio Negro, Venezuela, are described and interpreted in terms of their ecological significance. The results indicate that, with an annual rainfall of 3600 mm, there is a possibility of water deficits to occur in the upper soil horizons as a result of annual, seasonal and sporadic variation of the rainfall. This confirms previous results from Borneo which showed the irregular occurence of droughts and the existence of an interaction between water regime, nutrient regime and the structure and dynamics of natural forest stands along ecological gradients. Preliminary results at San Carlos de Rio Negro seem to indicate that except for the illumination within stands there are poor correlations with stand structure. Knowledge of the correlation between site, stand structure and functions of the natural tropical forest ecosystems is important for the design of productive and ecologically adapted production and protection forests.

6. Resumo

Estão sendo discutidos alguns aspectos do clima regional e do microclima no projeto São Carlos sob pontos de vista ecológicos. Os dados sobre o clima regional foram coletados pela estação local (MOP-Hidrología) e pelo Deutscher Wetterdienst, Hamburg e estão à disposição em parte desde 1948. Dados metereológicos dentro da área de estudo foram coletados durante a realização do projeto entre 1975 à 1979. Os resultados mostram, que mesmo com 3600 mm de precipitação anual pode ocorrer um défice de água nas camadas superiores do solo em áreas sem vegetação. Nestas áreas existem relações com a periodicidade das chuvadas individuais.

Os solos se caracterizam pela extrema carência de elementos nutritivos e pela baixa capacidade de retenção. Aparentemente existe um relacionamento entre o relevo superficial, o conteúdo de água no solo e a estrutura da comunidade vegetal. Com exceção da distribuição da intensidade de iluminação relativa dentro das comunidades vegetais, parâmetros microclimáticos não parecem ser correlacionados com as características da estrutura da comunidade vegetal.

7. Literatur

ANONYMUS (1973): MOP-CODESUR, Kartenwerk über das Territorio Federal Amazonas y Distrito Cedeno.
ALDER, D., BRÜNIG, E.F., HEUVELDOP, J. und J.P. SMITH (1979): Struktur und Funktion im Regenwald des internationalen Amazonökosystemprojektes: vorläufige Mitteilungen über Klassifikation der Bestände, Variation der Bestandesstruktur und Niederschlagsmerkmale. IX. Symposium über biogeographische und landschaftsökologische Probleme Südamerikas: Wald und Wasser. Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön.- Amazoniana 6 (4): 423 - 444.
ASHTON, P.S. and E.F. BRÜNIG (1975): The variation of tropical moist forest in relation to environmental factors dual its relevance to land-use planning.- Mitt. d. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbek, Nr. 109: 59 - 86.
BRÜNIG, E.F. (1974): Ökosysteme in den Tropen.- Umschau 18: 405 - 410.
BRÜNIG, E.F. (1978): Variation der Struktur im Regenwald von San Carlos de Rio Negro (abstract of a lecture in Plön, 1976).- Amazoniana 6 (3): 275 - 277.
BRÜNIG, E.F. and J. HEUVELDOP (1976): Structure and functions of natural and man-made forests in the humid tropics.- Proc. XVI IUFRO World Congress, Oslo, 1976, Div. I.: 500 - 511.
BRÜNIG, E.F., HERRERA, R., HEUVELDOP, J., JORDAN, C., KLINGE, H. and E. MEDINA (1977): The international Amazon Project coordinated by Centro de Ecologia, Instituto Venezolano de Investigaciones Cientificas: organization and recent advances. In: BRÜNIG, E.F. (ed.), Transactions of the international MAB-IUFRO Workshop on Tropical Rainforest Research, Hamburg-Reinbek, 12. - 17.5.1977. Chair of World Forestry, Hamburg-Reinbek, Special Report No. 1, Second edition (1978): 104 - 131.
BRÜNIG, E.F., HERRERA, R., HEUVELDOP, J., JORDAN, C., KLINGE, H. and E. MEDINA (1979): The International Amazon Rainforest Ecosystem Pilot Project at San Carlos de Rio Negro: Review of developments since the 1st International Workshop. In: ADISOEMARTO, S. and BRÜNIG, E.F. (eds.).- Transactions of the 2nd International MAB-IUFRO Workshop on Tropical Rainforest Ecosystems Research, Jakarta, 21. - 25.10.1978. Chair of World Forestry, Hamburg-Reinbek, Special Report No. 2: 67 - 100.
HEUVELDOP, J. (1977a): Erste Ergebnisse bestandesmeteorologischer Untersuchungen im Regenwald von San Carlos de Rio Negro.- Mitteilungen d. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbek, 115: 101 - 106.
HEUVELDOP, J. (1977b): Die amazonische Caatinga bei San Carlos de Rio Negro, Südvenezuela: relative Beleuchtungsstärken im Bestand.- Forstarchiv, Hannover, 48 (8): 148 - 154.
HEUVELDOP, J. and H. KLINGE (1977): Structure and functions in a rain forest on a heterogeneous site near San Carlos de Rio Negro, Venezuela: Relationship between leaf biomass and relative light intensity in a Caatinga.- IV Simp. Intern. Ecol. Trop., Panama, (submitted paper).
JORDAN, C. and J. HEUVELDOP (submitted Acta Amazonica): The Water Budjet of an Amazonian Rain Forest.
KLINGE, H., MEDINA, E. and R. HERRERA (1977): Studies on the ecology of Amazon Caatinga forest in southern Venezuela. 1. General features.- Acta cient. venez. 28: 270 - 276.
KLINGE, H. and R. HERRERA (1978): Biomass studies in Amazon Caatinga forest in southern Venezuela. 1. Standing crop of composite root mass in selected stands.- Trop. Ecol. 19: 93 - 110.
KLINGE, H. and E. MEDINA (1979a): Bana - a peculiar vegetation type on podzols in South Venezuela. 5. International Symp. of Tropical, Kuala Lumpur, 16. - 21. April 1979.
KLINGE, H. and E. MEDINA (1979b): Rio Negro Caatingas and Campinas, Amazonas States of Venezuela and Brazil.- In: R.L. SPECHT (ed.) Heathlands and related shrublands of the World. A. Descriptive studies, Elsevier, 483 - 488.
LOCKWOOD, J. G. (1971): Does Malaysia really have a hot wet climate ? - In: FLENLEY, J. R. (ed.): Transactions of the 1st Aberdeen-Hull Symposium on Malesian Ecology, 6 - 22.
MEDINA, E., HERRERA, R., JORDAN, C. and H. KLINGE (1977): Man and the Amazon Rain Forest.- Nature and Resources 13 (3): 4 - 6.

RICHARDS, P. W. (1952): The Tropical Rain Forest.- Cambridge, Univ. Press, England, 450 S.
SCHULZ, J. P. (1960): Ecological studies on rain forest in northern Suriname.- Vol. 2, Amsterdam u. Paramaribo: van Eldenfonds u. Lands Bosbeheer.
SOBRADO, M. A. (1977): Aspectos ecofisiológicos de la vegetación esclerófila de suelos arenosos, podzolizados e inundables de la cuenca del Rio Negro, Territorio Federal Amazonas.- Thesis, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
SOBRADO, M. A. and E. MEDINA (1980): General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the 'Bana' vegetation of Amazonas.- Oecologia (Berl.) 45: 341 - 345.
VILLA NOVA, N. A., SALATI, E. and E. MATSUI (1976): Estimativa da evapotranspiracão na Bacia Amazônica.- Acta Amazônica, Manaus, 6 (2): 215 - 228.

Anschrift des Autors:

Dr. Jochen Heuveldop
Bundesforschungsanstalt für
Forst- und Holzwirtschaft
Institut für Weltforstwirtschaft
Leuschnerstraße 91
D - 2050 Hamburg 80

BR Deutschland

Zum Druck angenommen im November 1980